

## ANALISIS MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR UNTUK MENGETAHUI ZONA PENGUATAN GEMPA BUMI DI WILAYAH STASIUN SEISMIC JAWA TIMUR

Iriene Saraswati Siregar<sup>1)</sup>, Madlazim<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : [iriness.a2.13@gmail.com](mailto:iriness.a2.13@gmail.com)

<sup>2)</sup> Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

### Abstrak

Penelitian skripsi ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menganalisis struktur tanah dan zona penguatan gempa bumi yang berada di wilayah Stasiun Seismik : Karangates, Ngawi, Pagerwojo, dan Tambakboyo, Provinsi Jawa Timur berdasarkan nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi tanah dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Mikrotremor merupakan getaran tanah yang ditimbulkan oleh peristiwa alam maupun buatan dan dapat menggambarkan kondisi geologi suatu wilayah. Nilai frekuensi dominan tanah merupakan nilai frekuensi yang kerap muncul pada saat perekaman mikrotremor. Nilai amplifikasi tanah merupakan nilai kontras impedansi lapisan permukaan tanah atas dengan lapisan permukaan tanah bawah yang digunakan untuk merefleksikan tingkat penguatan gelombang seismik gempa bumi pada suatu wilayah perekaman mikrotremor. Input dalam penelitian ini adalah waktu perekaman data mikrotremor yang diakses pada tanggal, bulan, tahun, dan jam tertentu dari stasiun-stasiun seismik tertentu yang sengaja dipilih diantara stasiun-stasiun seismik seismik yang telah disebutkan di atas. Output dalam penelitian ini adalah struktur lapisan tanah dan zonasi penguatan gempa bumi berdasarkan nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur tanah pada Stasiun Seismik Karangates merupakan struktur tanah lunak dan zonasi penguatan gempa bumi adalah termasuk dalam tingkat kategori sedang. Struktur tanah pada Stasiun Seismik Ngawi merupakan struktur tanah lunak dan zonasi penguatan gempa bumi adalah termasuk dalam tingkat kategori rendah. Struktur tanah pada Stasiun Seismik Pagerwojo merupakan struktur tanah sangat lunak dan zonasi penguatan gempa bumi adalah termasuk dalam kategori rendah. Struktur tanah pada Stasiun Seismik Tambakboyo merupakan struktur tanah sedang dan zonasi penguatan gempa bumi adalah termasuk dalam tingkat kategori rendah. Nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi tanah paling tinggi adalah perekaman mikrotremor pada pukul 06:00 -11:59 WIB serta pukul 18:00-23:59 WIB sebagai akibat dari getaran tremor aktifitas manusia.

**Kata Kunci:** Mikrotremor, analisis HVSR, nilai frekuensi dominan tanah, dan nilai amplifikasi tanah.

### Abstract

The work carried out is this 'skripsi' is intended to analyze the soil structure and the earthquake strengthening zones in some seismic stations of Karangates, Ngawi, Pagerwojo, and Tambakboyo located in the East Java Province. The analyses were completed based on the values of soil dominant frequency and soil amplification using the HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) method. Microtremor is soil vibration generated either by natural or artificial phenomenon and it describes geological condition of a certain area. The soil dominant frequency value is the number of frequency emergence at the time when microtremor is recorded. The soil amplification is a contrast impedance value measured between the soil upper layer and the soil lower layer. This value was used to reflect the level of wave strength of the seismic earthquake for the above stations. The input data for using the Geopsy software is the recording time for microtremor accessed at certain hours, date, month, and year, while the output is the data on soil structure and the earthquake strengthening zone. The analyses indicated that the Karangates soil structure is soft while its earthquake strengthening zone is medium. The earthquake strengthening zones in Ngawi, Pagerwojo, and Tambakboyo stations are all low, meanwhile the soil structures of those stations are different to each other, namely soft in Ngawi's, very soft in Pagerwojo's and medium in Tambakboyo's. The highest soil dominant frequency value and the soil amplification were recorded from 06:00 a.m to 11:59 a.m and from 06:00 p.m to 11:59 p.m as a result of the microtremor due to human activities.

**Keywords:** Microtremor, HVSR analysis, soil dominant frequency value, and soil amplification value

## PENDAHULUAN

Penelitian mikrotremor adalah penelitian yang memanfaatkan getaran atau gelombang lingkungan yang berasal dari dua sumber utama, yaitu kondisi alam dan aktivitas manusia (disebut *ambient vibrations*) yang muncul di sekitar lokasi *seismometer*. Pendekatan analisis untuk memprediksi nilai faktor penguatan guncangan tanah (disebut amplifikasi) yang diperkenalkan oleh Nakamura (1989) sangat mudah karena mengabaikan kondisi geologi pada lokasi pengamatan. Untuk mendapatkan nilai faktor amplifikasi, Nakamura (1989) memperkenalkan satu metode analisis yang dikenal dengan *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR).

*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) merupakan salah satu metode analisa yang digunakan untuk perambatan gelombang geser akibat peristiwa gempa (Nakamura, 1989). Kemudian Nakamura and Saito (1983), melakukan pengamatan perambatan gelombang gempa untuk berbagai kondisi geologi dan juga melakukan pengamatan terhadap getaran dari aktivitas manusia (disebut *ambient vibrations*) di permukaan tanah. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa gerakan tanah di permukaan akibat peristiwa gempa dan akibat *ambient vibrations* disebabkan oleh gelombang *Rayleigh*. Selain itu, hasil tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antara nilai faktor amplifikasi tanah yang dihasilkan dengan menggunakan data pengamatan gelombang alam dan gelombang gempa.

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan mengenai permasalahan dengan tujuan menganalisis struktur lapisan tanah berdasarkan frekuensi dominan tanah dan zonasi penguatan gempa bumi berdasarkan nilai amplifikasi tanah dengan menggunakan metode HVSR di wilayah stasiun seismik Provinsi Jawa Timur.

Hasil simulasi menunjukkan nilai puncak frekuensi berubah terhadap variasi kondisi geologi (Tabel 1.1). milik pemerintah Jerman. Lokasi penelitian berada di wilayah Stasiun Seismik Karangates, Stasiun Seismik Ngawi, Stasiun Seismik Pagerwojo, dan Stasiun Seismik Tambakboyo, Provinsi Jawa Timur dengan variabel manipulasi adalah tanggal, dan waktu perekaman data mikrotremor.

**Tabel 1.1.** Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor (Kanai, 1983)

Klasifikasi Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)		Klasifikasi Kanai	Deskripsi	Karakter
	Tipe	Jenis			
IV	I	6,66-20,00	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hard sandy gravel</i>	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis yang didominasi oleh batuan keras.	Keras
	II	4,00-6,66	Batuan alluvial dengan ketebalan 5 meter. Terdiri dari <i>sandy-gravel, sandy hard clay, loam, dll.</i>	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori menengah 5-10 meter	Sedang
III	III	2,50-4,00	Batuan alluvial hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>bluff</i> .	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal 10-30 meter	Lunak
II	IV	1,00-2,50	Batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi <i>delta, top soil, lumpur, dll.</i> Dengan kedalaman 30 meter atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tebal	Sangat Lunak

## METODE

### 1. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang tersedia on line secara gratis di <http://202.90.198.100/webdc3/> yang dikelola oleh software Geofon bekerja atas standar pelayanan seismologi SeisComp3 (<http://geofon.gfz-postdam.de/software/webdc3/>) berupa kumpulan data dalam mengakses stasiun seismik pada katalog seismik

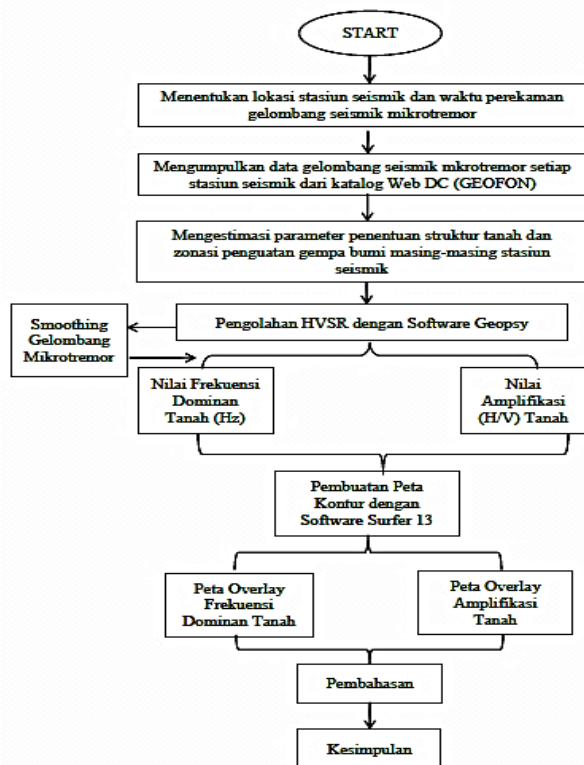
Pengolahan data HVSR bertujuan untuk mengetahui frekuensi dominan tanah, H/V (amplifikasi), periode dominan tanah serta indeks kerentanan seismik tanah. Pengolahan data dimulai dengan mengolah data mentah HVSR yang diperoleh dari pengambilan data sekunder mikrotremor yang diolah dengan menggunakan software *Geopsy*, menghasilkan 3 jenis gelombang seismik yaitu, gelombang arah NS (utara-selatan), gelombang arah EW (timur-barat), dan gelombang arah V (vertikal). Data tersebut dianalisis untuk mengetahui nilai frekuensi dominan tanah atau  $f_{dom}$  (Hz) dan nilai H/V (amplifikasi). Dari hasil akuisisi data mikrotremor berupa *file SEED*, diolah menggunakan software *Geopsy*.



**Gambar 1.** Peta wilayah Stasiun Seismik Karangates KKR, Stasiun Seismik Ngawi NGJI, Stasiun Seismik Pagerwojo PWJI, dan Stasiun Seismik Tambakboyo TBJI (<http://202.90.198.100/webdc3/>)



## 2. Rancangan Penelitian



**Gambar 1.2** Diagram alir penelitian.

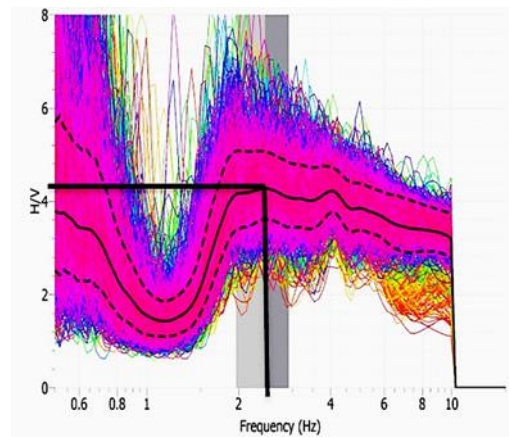
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil pengolahan data sekunder gelombang seismik mikrotremor yang dianalisis menggunakan software *Geopsy* untuk mengetahui nilai frekuensi dominan tanah  $f_{dom}$  (Hz) dan nilai H/V.

**Tabel 1.1** Hasil analisis mikrotremor pada perekaman gelombang seismik di Wilayah Stasiun Seismik Karangates.

No	Tanggal	Waktu Pengambilan Data (WIB)	BT (°)	LS (°)	$f_{dom}$ (Hz)	H/V	Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )	$T_{dom}$
1.	21-05-2017	00:00-04:59	112,450637	8,152149	2,444320	4,27876	7,489930589	0,40911
		06:00-11:59	112,450637	8,152149	2,630866	4,72188	8,474833281	0,38010
		18:00-23:59	112,450637	8,152149	2,448860	4,27169	7,45135919	0,40835
2.	22-05-2017	00:00-04:59	112,450637	8,152149	2,428200	4,30389	7,628477527	0,41183
		06:00-11:59	112,450637	8,152149	2,824850	3,89378	5,367195670	0,35400
		18:00-23:59	112,450637	8,152149	2,511150	4,03527	6,484440982	0,39822
3.	23-05-2017	00:00-04:59	112,450637	8,152149	2,313400	4,31302	8,041039820	0,43226
		06:00-11:59	112,450637	8,152149	2,705950	4,62553	7,906845204	0,36955
		18:00-23:59	112,450637	8,152149	2,40911	4,23096	7,430554239	0,41509

Hasil gambar grafik frekuensi dominan dan amplifikasi tanah di wilayah Stasiun Seismik Karangates disajikan dalam Gambar 2.1 yang dianalisis menggunakan software *Geopsy*.



**Gambar 2.1** Grafik data sekunder frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) mikrotremor Stasiun Seismik Karangates 21 Mei 2017 pukul 00:00-04:59 WIB yang diolah menggunakan software *Geopsy*. Nilai frekuensi dominan sebesar 2,444320 Hz dan nilai amplifikasi sebesar 4,27876 ditunjukkan oleh penarikan garis hitam.

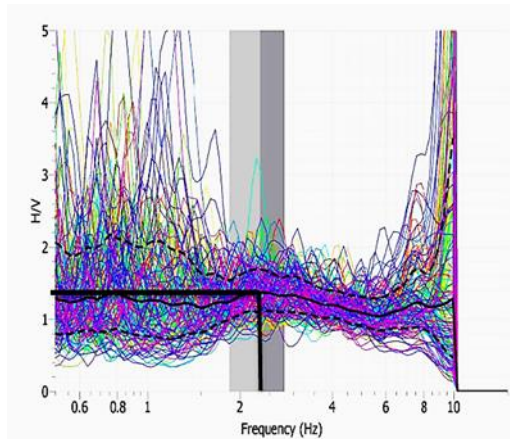
Berdasarkan Tabel 1.1 dan Gambar 2.1, maka analisa menurut Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Kanai (1983) struktur tanah pada Stasiun Seismik Karangates masuk dalam kategori lunak dengan klasifikasi batuan alluvial dan adanya formasi bluff yaitu batuan yang terbentuk dari sedimen lunak atau tanah yang terbentuk dari dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah dengan amplifikasi getaran seismik yang cukup besar sehingga zonasi penguatan gempa bumi masuk dalam kategori sedang. Hal tersebut terjadi karena adanya keretakan bangunan bendungan Sutami yang berada di kawasan Stasiun Seismik Karangates akibat pergeseran tanah dampak dari gempa bumi di wilayah Malang Selatan mengakibatkan air dari bendungan Sutami meresap di lapisan tanah yang masuk melewati bidang patahan.

**Tabel 1.2** Hasil analisis mikrotremor pada perekaman gelombang seismik di Wilayah Stasiun Seismik Ngawi.

No	Tanggal	Waktu Pengambilan Data (WIB)	BT (°)	LS (°)	$f_{dom}$ (Hz)	H/V	Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )	$T_{dom}$
1.	21-05-2017	00:00-04:59	111,4612	7,3676	2,32817	1,36590	0,801351623	0,429522
		06:00-11:59	111,4612	7,3676	9,49567	1,52184	0,243900323	0,105311
		18:00-23:59	111,4612	7,3676	9,24697	1,65223	0,295217133	0,108144
2.	22-05-2017	00:00-04:59	111,4612	7,3676	2,93698	1,57838	0,848246642	0,340486
		06:00-11:59	111,4612	7,3676	9,50144	1,73738	0,317687557	0,105247
		18:00-23:59	111,4612	7,3676	9,25334	2,04149	0,450397523	0,108069
3.	23-05-2017	00:00-04:59	111,4612	7,3676	2,33089	1,34925	0,781021653	0,429021
		06:00-11:59	111,4612	7,3676	9,48164	1,59999	0,269992111	0,105467
		18:00-23:59	111,4612	7,3676	9,41673	1,48067	0,232817936	0,106194

Hasil gambar grafik frekuensi dominan dan amplifikasi tanah di wilayah Stasiun Seismik Ngawi

disajikan dalam Gambar 2.2 yang dianalisis menggunakan software *Geopsy*.



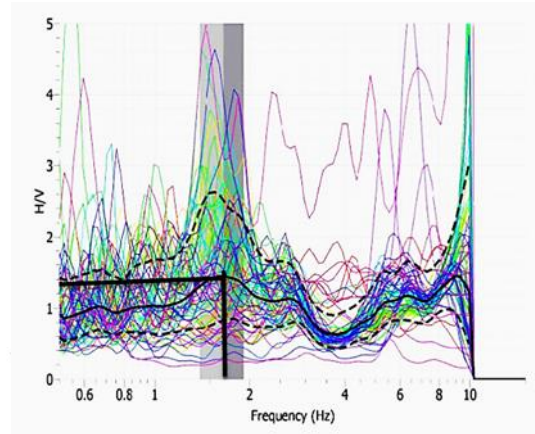
**Gambar 2.2** Grafik data sekunder frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) mikrotremor Stasiun Seismik Ngawi 21 Mei 2017 pukul 00:00-04:59 WIB yang diolah menggunakan software *Geopsy*. Nilai frekuensi dominan sebesar 2,32817 Hz dan nilai amplifikasi sebesar 1,36590 ditunjukkan oleh penarikan garis hitam.

Berdasarkan Tabel 1.2 dan Gambar 2.2, maka analisa menurut Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Kanai (1983) struktur tanah pada Stasiun Seismik Ngawi masuk dalam kategori lunak dengan klasifikasi batuan alluvial dan adanya formasi bluff yaitu batuan yang terbentuk dari sedimen lunak atau tanah yang terbentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah dengan amplifikasi getaran seismik rendah, sehingga zonasi penguatan gempa bumi masuk dalam kategori rendah, namun rawan terjadinya bencana tanah longsor. Hal tersebut terjadi karena Ngawi merupakan wilayah rawan banjir dengan kontur tanah yang bergerak.

**Tabel 1.3** Hasil analisis mikrotremor pada perekaman gelombang seismik di Wilayah Stasiun Seismik Pagerwojo.

No	Tanggal	Waktu Pengambilan Data (WIB)	BT (°)	LS (°)	$f_{dom}$ (Hz)	H/V	Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )	$T_{dom}$
1.	21-05-2017	00:00-04:59	111,8039	8,22	1,65288	1,44754	1,267709726	0,605005
		06:00-11:59	111,8039	8,22	9,12752	1,55971	0,266523139	0,109559
		18:00-23:59	111,8039	8,22	8,80432	1,35508	0,208561456	0,113581
2.	22-05-2017	00:00-04:59	111,8039	8,22	1,67714	1,51784	1,373670812	0,596253
		06:00-11:59	111,8039	8,22	9,46551	1,81141	0,346648642	0,105647
		18:00-23:59	111,8039	8,22	9,14623	1,56725	0,268555739	0,109335
3.	23-05-2017	00:00-04:59	111,8039	8,22	1,65556	1,99521	2,404541632	0,604025
		06:00-11:59	111,8039	8,22	9,2190	1,55003	0,260613190	0,108472
		18:00-23:59	111,8039	8,22	8,92994	1,35508	0,205627563	0,111983

Hasil gambar grafik frekuensi dominan dan amplifikasi tanah di wilayah Stasiun Seismik Pagerwojo disajikan dalam Gambar 2.3 yang dianalisis menggunakan software *Geopsy*.



**Gambar 2.3** Grafik data sekunder frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) mikrotremor Stasiun Seismik Pagerwojo 21 Mei 2017 pukul 00:00-04:59 WIB yang diolah menggunakan software *Geopsy*. Nilai frekuensi dominan sebesar 1,65288 Hz dan nilai amplifikasi sebesar 1,44754 ditunjukkan oleh penarikan garis hitam.

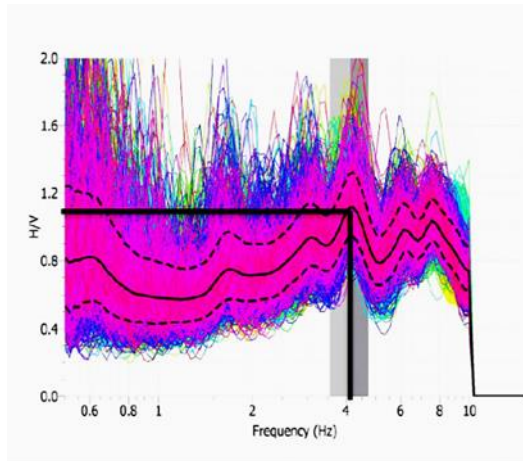
Berdasarkan Tabel 1.3 dan Gambar 2.3, maka analisa menurut Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Kanai (1983) struktur tanah pada Stasiun Seismik Pagerwojo masuk dalam kategori sangat lunak dengan klasifikasi batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, dan lumpur dengan amplifikasi getaran seismik yang rendah dengan zonasi penguatan gempa bumi masuk dalam kategori rendah, namun rawan terjadinya bencana tanah longsor. Hal tersebut terjadi karena Pagerwojo merupakan wilayah berdekatan dengan kawasan lereng Gunung Wilis.

**Tabel 1.4** Hasil analisis mikrotremor pada perekaman gelombang seismik di Wilayah Stasiun Seismik Tambakboyo.

No	Tanggal	Waktu Pengambilan Data (WIB)	BT (°)	LS (°)	$f_{dom}$ (Hz)	H/V	Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )	$T_{dom}$
1.	21-05-2017	00:00-04:59	111,8481	6,8179	4,1258	1,11015	0,298713709	0,242377
		06:00-11:59	111,8481	6,8179	4,14618	1,14890	0,318358395	0,241186
		18:00-23:59	111,8481	6,8179	4,12619	1,11026	0,298744669	0,242354
2.	22-05-2017	00:00-04:59	111,8481	6,8179	4,10791	1,09819	0,293585126	0,243433
		06:00-11:59	111,8481	6,8179	4,15400	1,09940	0,290967828	0,240732
		18:00-23:59	111,8481	6,8179	4,11088	1,12643	0,308655213	0,243257
3.	23-05-2017	00:00-04:59	111,8481	6,8179	3,93032	1,06803	0,290227788	0,254432
		06:00-11:59	111,8481	6,8179	7,39997	1,05636	0,150797428	0,135136
		18:00-23:59	111,8481	6,8179	4,11877	1,08540	0,286030334	0,242790



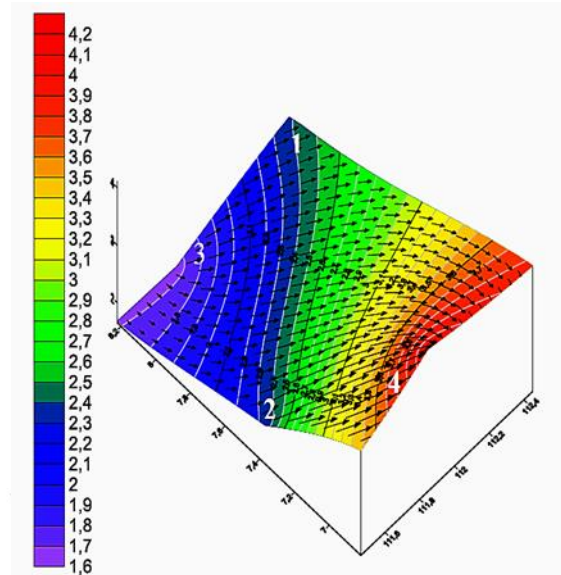
Hasil gambar grafik frekuensi dominan dan amplifikasi tanah di wilayah Stasiun Seismik Pagerwojo disajikan dalam Gambar 2.4 yang dianalisis menggunakan software *Geopsy*



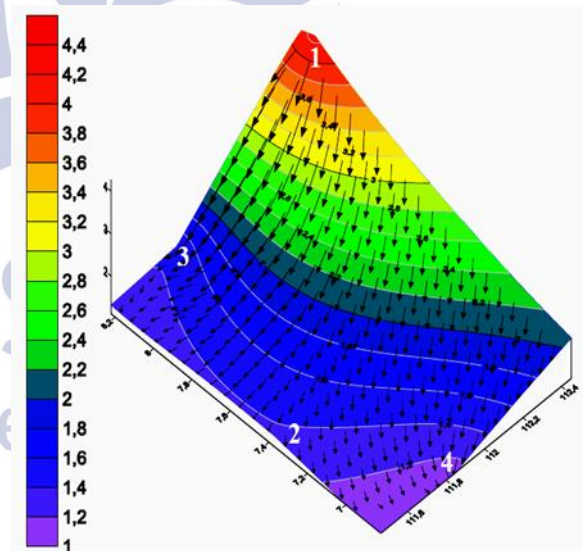
**Gambar 2.4** Grafik data sekunder frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) mikrotremor Stasiun Seismik Tambakboyo 21 Mei 2017 pukul 00:00-04:59 WIB yang diolah menggunakan software *Geopsy*. Nilai frekuensi dominan sebesar 4,1258 Hz dan nilai amplifikasi sebesar 1,11015 ditunjukkan oleh penarikan garis hitam.

Berdasarkan Tabel 1.4 dan Gambar 2.4, maka analisa menurut Tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Kanai (1983) struktur tanah pada Stasiun Seismik Tambakboyo masuk dalam kategori sedang dengan klasifikasi batuan alluvial dengan ketebalan 5 meter terdiri dari *sandy-gravel*, *sandy hard clay*, *loam*, dll yaitu tanah berpasir dengan kandungan kerikil dan lempung berliat dengan daya lekat yang sedang memiliki amplifikasi getaran seismik rendah, sehingga zonasi penguatan gempa bumi masuk dalam kategori rendah serta potensi gerakan tanah menengah untuk kerawanan bencana tanah longsor. Hal tersebut terjadi karena Tambakboyo merupakan wilayah penambangan-penambangan liar di kawasan lereng pegunungan bukit kapur.

Hasil pemetaan nilai frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) pada 4 stasiun seismik di Provinsi Jawa Timur menggunakan software *Surfer 13* disajikan dalam Gambar 2.5 sampai dengan 2.6.



**Gambar 2.5** Pemetaan nilai frekuensi dominan pada 4 stasiun seismik di Provinsi Jawa Timur 21 Mei 2017 dari pukul 00:00-04:59 WIB. (1) Stasiun Seismik Karangates dengan nilai frekuensi dominan sebesar 2,44320 Hz ditunjukkan rentang warna hijau toska, (2) Stasiun Seismik Ngawi dengan nilai frekuensi dominan sebesar 2,32817 Hz ditunjukkan rentang warna antara hijau toska dan biru tua, (3) Stasiun Seismik Pagerwojo dengan nilai frekuensi dominan sebesar 1,65288 Hz ditunjukkan rentang warna ungu, dan (4) Stasiun Seismik Tambakboyo dengan nilai frekuensi dominan sebesar 4,1258 Hz ditunjukkan rentang warna antara jingga dan merah.



**Gambar 2.6** Pemetaan nilai H/V (amplifikasi) pada 4 stasiun seismik di Provinsi Jawa Timur 21 Mei 2017 dari pukul 00:00-04:59 WIB. (1) Stasiun Seismik Karangates dengan nilai H/V sebesar 4,27876 ditunjukkan rentang warna antara jingga muda dan jingga tua, (2) Stasiun Seismik Ngawi dengan nilai H/V sebesar 1,36590 ditunjukkan rentang warna ungu tua, (3) Stasiun Seismik Pagerwojo dengan nilai H/V sebesar 1,44754 ditunjukkan rentang warna biru, dan (4) Stasiun Seismik Tambakboyo dengan nilai H/V sebesar 1,11015 ditunjukkan rentang warna ungu tua.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada data Marc Wathelet (2006) atas pembuatan software *Geopsy* serta Golden Software Inc dari Golden Colorado, Amerika Serikat atas software *Surfer 13*.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan dari nilai frekuensi dominan bahwa struktur tanah masuk dalam kategori lunak untuk Stasiun Seismik Karangates dan Ngawi, struktur tanah sangat lunak di Stasiun Seismik Pagerwojo, dan struktur tanah sedang untuk Stasiun Seismik Tambakboyo. Nilai H/V (amplifikasi) dari perekaman gelombang mikrotremor pada 21-23 Mei 2017 adalah dapat disimpulkan bahwa zonasi penguatan gempa bumi masuk dalam kategori zona rendah untuk Stasiun Seismik Ngawi, Pagerwojo dan Tambakboyo serta sedang untuk Stasiun Seismik Karangates. Nilai frekuensi dominan dan nilai H/V (amplifikasi) paling tinggi didominasi dari perekaman mikrotremor dari pukul 06:00-11:59 WIB dan dari 18:00-23:59 WIB akibat getaran tremor aktifitas manusia.

### Saran

Dalam pengerjaan skripsi ini, kesulitan yang dihadapi peneliti adalah saat pemilihan gelombang seismik secara lengkap baik gelombang seismik horizontal (Utara-Selatan dan Barat-Timur) maupun gelombang seismik vertikal (permukaan atas-permukaan bawah) dari event gempa bumi yang telah ditentukan oleh peneliti dari katalog <http://202.90.198.100/webdc3/>, karena tidak semua data yang disediakan akan diperlukan. Data gelombang seismik yang telah dipilih secara lengkap berpengaruh terhadap analisis gelombang seismik mikrotremor. Saran konstruktif untuk peneliti selanjutnya agar dapat memperoleh data yang lebih akurat adalah sebaiknya menggunakan data primer dengan pengukuran mikrotremor secara langsung pada lokasi penelitian dan usahakan dilakukan dengan menempatkan titik pengukuran mikrotremor yang lebih banyak atau dengan perekaman pada stasiun seismik yang lebih banyak di daerah Jawa Timur dengan waktu penelitian malam hari.

Hal tersebut akan mendapatkan nilai frekuensi dan nilai amplifikasi tanah yang lebih baik dan bervariasi dengan meminimalisir noise dari getaran tremor yang lain seperti aktifitas manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

BPBD, R. (2016, March 26). Retrieved from (<http://bpbdkabblitar.info/read/2913/kebencanaan/tulu-ngagung-kecamatan-pagerwojo-terjadi-bencana-tanah-longsor.html>), diakses 01 Juni 2017).

GEOFON. (n.d.). Retrieved from (<http://202.90.198.100/webdc3/>), diakses tanggal 24 Mei 2017).

Kanai, K. (1983). *Engineering Seismology*. University Of Tokyo.

Lawupos. (2009, Oktober). Retrieved from (<http://www.lawupos.net/tanah-labil-jalan-di-ngawi-dicor/>), diakses 01 Juni 2017).

Mudamakin, P. B., Rudiyanto, A., Rohadi, S., & Amalia, R. (2015). Studi Awal Respon Dinamis Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor Di Bendungan Karangates Malang, 1–6.

Muthohar, M. (2017, January 25). Retrieved from (<http://m.beritajatim.com/peristiwa/288299/mayoritas-kecamatan-di-tuban-rawan-longsor.html>), diakses 01 Juni 2017).

Nakamura, Y., & Saito, T. (1983). Estimation Of Amplification Characteristics. *Proc. 17th JSCE Earthquake Engineering Symposium*, 25–33.

Nakamura, Y. (1989). A Method For Dynamic Characteristic Estimation Of Surface. *Quarterly Reports Of The Railway Technical Research Institute*, 30, 25–33.

Nakamura, Y. (2000). Clear Identification Of Fundamental Idea Of Nakamura's Technique And Its Application. *System and Data Research Co. Ltd.*, 3-25-3 Fujimidai, Kunitachi-Shi, Tokyo, Japan, 1–8.

Nakamura, Y., Sato, T., & Saita, J. (2008). The Change Of The Dynamic Characteristics Using Microtremor. *The 14th World Conference On Earthquake Engineering*, 1–10.

Partono, W., Irsyam, M., Prabandiyani R.W, S., & Maarif, S. (2013). Aplikasi Metode HVSR Pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang. *Jurnal MTKS (Jurnal Ilmu Dan Terapan Bidang Teknik Sipil)*, 19, 125–134.

Putri, Y. D. A. (2016). *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Jalur Sesar Opak Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor* (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

SESAME. (2004). Retrieved from ([http://sesame.fp5.obs.ujf%1Egrenoble.fr/Delivables/Del%1ED23%1EHV\\_user\\_guidelines.pdf,62](http://sesame.fp5.obs.ujf%1Egrenoble.fr/Delivables/Del%1ED23%1EHV_user_guidelines.pdf,62)), diakses 26 Juli 2016).

Sofi'i, M. (2014, August). Retrieved from (<http://surabaya.bisnis.com/m/read/20140813/4/73692/bendungan-sutami-reta-70-meter-ini-penyebabnya>), diakses 28 Mei 2017).

Wulandari, A. (2016). *Pemetaan Mikrozonasi Rawan Gempabumi Menggunakan Metode HVSR Daerah Painan Sumatera Barat* (Skripsi). Universitas